2.3 SE Motorunun Kullanımına Örnek

Pre-Phase A aşamasında, SE motoru, başlangıç kavramlarını geliştirmek için kullanılır; insanların, donanımın ve yazılımın görev hedeflerini yerine getirmedeki benzersiz rollerini açıkça tanımlar; sistemin fonksiyonel ve performans sınırlarını belirler; başlangıç düzeyinde bir set yüksek düzeyde gereksinim taslağını geliştirir/tanımlar; bir veya daha fazla başlangıç Operasyonel Konsept (ConOps) senaryosu tanımlar; bu kavramları iteratif modelleme, mock-up, simülasyon veya diğer araçlarla gerçekleştirir; bu kavramların ve ürünlerin, yüksek düzeyde gereksinimleri ve ConOps'ları karşılayıp karşılamadığını doğrulayıp geçerli kılar. Operasyonel konsept, tüm önemli operasyonel durumlar için, bilinen olağandışı durumlar da dahil olmak üzere, senaryolar içermelidir. Kullanışlı ve tamamlayıcı bir senaryo seti geliştirmek için, önemli arızalar ve bozulmuş modda operasyonel durumlar dikkate alınmalıdır. Erken ConOps gelişiminin önemi küçümsenemez. Sistem gereksinimleri daha ayrıntılı hale geldikçe ve daha karmaşık teknik bilgiler içerdiğinde, paydaşların ve kullanıcıların gereksinimlerin neyi ifade ettiğini anlaması zorlaşır; yani, nihai ürünü görselleştirmek daha zor olabilir. ConOps, eksik veya çelişkili gereksinimlerin tanımlanmasına yardımcı olabilir. Bu Pre-Phase A başlangıç kavramları geliştirme çalışmasının, nihai ürün üzerinde yapılan resmi doğrulama ve geçerlilik testlerinden farklı olduğunu unutmamalısınız. Bunun yerine, Pre-Phase A'da geliştirilen kavramların, paydaşların olası gereksinim ve beklentilerini karşılama yeteneğini sağlamak için metodik bir şekilde gözden geçirilmesidir. Kavramlar, uygulanabilir ve proje için yeterli riski azaltacak seviyeye kadar geliştirilir. Akademik olarak, bu süreç her sistem için devre kartı seviyesine kadar inebilir; ancak bu büyük zaman ve maliyet gerektirir. Projenin gerçekleştirilme olasılığını doğru şekilde belirlemeye olanak tanıyacak devre kartı seviyesinden daha yüksek bir ürün seviyesi olabilir, ki bu da Pre-Phase A'nın amacıdır.

Phase A aşamasında, SE motorunun yineleyici kullanımı devam eder. Bu kez, Pre-Phase A'da geliştirilen ve doğrulanan kavramlar ile taslak yüksek düzey gereksinimler alınıp bunlar, sistem gereksinimlerinin ve ConOps'ların başlangıç temelleri haline getirilir. Bu aşamada, yüksek risk taşıyan önemli alanlar simüle edilebilir, böylece geliştirilen kavramların ve gereksinimlerin iyi olduğundan emin olunur ve sonraki aşamalarda gerekli doğrulama ve geçerlilik araçları belirlenebilir.

Phase B aşamasında, SE motoru yineleyici olarak tüm ürünlerin gelişen ürün ağacında gereksinimlerin ve tasarımların olgunlaştırılmasını sağlar ve kavramların doğrulama ve geçerliliğini yaparak tasarımların gereksinimleri karşılayıp karşılamadığını denetler. Operasyonel tasarımlar ve görev senaryoları değerlendirilir ve tasarım kabiliyetleri ile maliyet tahminleri doğrultusunda yürütme yapılabilirliği değerlendirilir.

Phase C aşamasında, SE motorunun sol tarafı, tüm gereksinim güncellemelerini tamamlamak, ConOps doğrulamasını nihai hale

getirmek, ürün ağacının en düşük seviyesinde nihai tasarımları geliştirmek ve üretim sürecine başlamak için tekrar kullanılır.

Phase D aşamasında, SE motorunun sağ tarafı, son uygulamayı, entegrasyonu, doğrulamasını ve geçerliliğini yineleyici olarak gerçekleştirir ve nihai geçişte son ürünü kullanıcıya sunar.

Phase E ve F aşamalarında, SE motorunun teknik yönetim süreçleri, performansı izlemek; konfigürasyonu kontrol etmek; operasyonlar, sürdürülebilir mühendislik ve sistem kapanışı ile ilgili kararlar almak için kullanılır. Herhangi bir yeni yetenek veya mevcut sistemdeki yükseltmeler, SE motoruna yeni gelişmeler olarak tekrar girer.

2.4 Ürün Doğrulama ve Ürün Geçerlilik Arasındaki Farklar

Bir süreç perspektifinden, Ürün Doğrulama ve Ürün Geçerlilik süreçleri doğrudan benzer olabilir, ancak hedefleri temelde farklıdır:

- **Ürün Doğrulama**: Bir ürünün gereksinimlere uygunluğunu gösterir - ürünün, her bir "gerekir" ifadesini karşılayıp karşılamadığını, test, analiz, denetim veya gösterim (veya bunların bir kombinasyonu) yoluyla kanıtlar.
- **Ürün Geçerlilik**: Bir ürünün, belirlenen amacını ve hedef çevresini sağladığını gösterir - ürünün, müşteri ve diğer paydaşların beklentilerini karşılayıp karşılamadığını, test, analiz, denetim veya gösterim yoluyla kanıtlar.

Doğrulama testi, onaylanmış gereksinim seti ile ilişkilidir ve ürün yaşam döngüsünün farklı aşamalarında yapılabilir. Onaylanmış özellikler, çizimler, parça listeleri ve diğer yapılandırma belgeleri, o ürünün yapılandırma temelini oluşturur ve bu temel daha sonra değiştirilmesi gerekebilir. Doğrulanmış bir temel ve uygun yapılandırma kontrolü olmadan, ilerleyen zamanlarda yapılan değişiklikler pahalıya mal olabilir veya büyük performans sorunlarına yol açabilir.

Geçerlilik, ConOps belgesine dayalıdır. Geçerlilik testi, ürünlerin görev operasyonlarında tipik kullanıcılar tarafından kullanımının etkinliğini ve uygunluğunu belirlemek amacıyla gerçekçi (veya simüle edilmiş) koşullarda yapılır. Geçerlilik, her gelişim aşamasında, aşama ürünleri (örneğin, modeller) ile yapılabilir ve yalnızca nihai ürün tesliminde yapılmaz.

Tasarımlar ilerledikçe doğrulama ve geçerlilik yöntemlerinin aşamalar arasında farklılık göstermesi uygun olacaktır. Bir programın veya projenin nihai başarısı, özellikle Pre-Phase A ve Phase A'da, ürün tasarımında hala maliyet etkin bir şekilde düzeltmeler yapılabileceği bu aşamalarda doğrulama çabalarının sıklığı ve titizliğiyle ilişkili olabilir. Sürekli şu soru sorulmalıdır: “Doğru ürünü mü inşa ediyoruz, kullanıcılar ve diğer paydaşlar için?” Doğrulama veya geçerlilik yönteminin seçimi,

ürünün gereksinimlere uygunluğunu güvenilir bir şekilde göstermek ya da ürünün ConOps'ta belirtilen şekilde amacına hizmet edeceğini göstermek için en etkili yol olarak mühendislik yargısına dayalıdır.

2.5 Maliyet Etkinliği Düşünceleri

Sistem mühendisliğinin amacı, sistemin tasarlandığını, inşa edildiğini ve amaçlanan şekilde en verimli şekilde çalıştığını görmek, böylece performans, maliyet, zaman çizelgesi ve risk göz önünde bulundurularak amacına ulaşmasını sağlamaktır. Maliyet etkin ve güvenli bir sistem, etkinlik ve maliyet arasında belirli bir dengeyi sağlamalıdır. Bu ilişki sınırsızdır çünkü genellikle maliyet etkinliği koşulunu karşılayan birçok tasarım vardır.

Sistem mühendisliği sürecinin önemli bir parçası olan **tasarım ticaret çalışmaları**, genellikle maliyet ve etkinliğin en iyi kombinasyonunu sağlayan tasarımları bulmaya çalışır. Bazen maliyetleri düşüren ancak etkinliği azaltmayan ya da etkinliği artıran ancak maliyeti artırmayan alternatifler olabilir. Böyle “kazan-kazan” durumlarında, sistem mühendisinin kararı kolaydır. Ancak tasarım ticaret çalışmasındaki alternatifler, etkinlik karşılığında maliyetin değiştirildiği durumlarda, kararlar daha zorlaşır.

Her maliyet-etkin çözümde:

- Sabit riskle maliyet azaltıldığında, performansın düşürülmesi gerekir.
- Sabit maliyetle risk azaltıldığında, performansın düşürülmesi gerekir.
- Sabit performansla maliyet azaltıldığında, daha yüksek riskler kabul edilmelidir.
- Sabit performansla risk azaltıldığında, daha yüksek maliyetler kabul edilmelidir.

Bu bağlamda, takvimdeki zaman genellikle kritik bir kaynak olduğundan, zaman, bir tür maliyet gibi davranır.

ŞEKİL 2.5-1, bir programın veya projenin yaşam döngüsü maliyetlerinin, tasarım ve geliştirme sürecinin başlarında "kilitlenmeye" eğilimli olduğunu göstermektedir. Maliyet eğrileri, problemlerin geç tanımlanması ve düzeltilmesinin yaşam döngüsünün ilerleyen aşamalarında çok daha pahalıya mal olacağını açıkça göstermektedir. Tersine, proje yaşam döngüsünün ilerleyen dönemlerinde yapılan kapsam daraltmaları, daha erken yapılanlara kıyasla daha az maliyet tasarrufu sağlar. Bu şekil, bu maliyetlerin erken konseptler ve tasarımlar tarafından nasıl belirlendiğinin bir örneğidir. Sayılar proje bazında değişebilir, ancak eğrilerin genel şekli ve ilettikleri mesaj benzer olacaktır. Örneğin, şekil,

tasarım sırasında maliyetlerin yalnızca yaklaşık %15'inin harcanabileceğini, ancak tasarımın kendisinin yaşam döngüsü maliyetlerinin yaklaşık %75'ini taahhüt edeceğini göstermektedir. Bunun nedeni, sistemin nasıl tasarlandığının, test, üretim, entegrasyon, işletme ve sürdürülebilirlik maliyetlerini nasıl etkileyeceğidir. Bu faktörler tasarım sırasında göz önünde bulundurulmamışsa, yaşam döngüsünün ilerleyen aşamalarında önemli maliyet riskleri oluşturur. Ayrıca, tasarımda yapılacak değişikliklerin maliyetinin yaşam döngüsünün ilerleyen dönemlerinde arttığını unutmayın. Proje, doğrulama aşamasına kadar herhangi bir test veya analiz yapmayı beklerse, bulunan her problem yeniden tasarım ve yeniden doğrulama ile büyük maliyet etkisi yaratacaktır.

SİSTEM MÜHENDİSİNİN DİLEMMASI
Her maliyet-etkin çözümde:

- Sabit riskle maliyet azaltıldığında, performansın düşürülmesi gerekir.
- Sabit maliyetle risk azaltıldığında, performansın düşürülmesi gerekir.
- Sabit performansla maliyet azaltıldığında, daha yüksek riskler kabul edilmelidir.
- Sabit performansla risk azaltıldığında, daha yüksek maliyetler kabul edilmelidir.

Bu bağlamda, takvimdeki zaman genellikle kritik bir kaynak olduğundan, zaman, bir tür maliyet gibi davranır.
Teknik ekip, birçok özellik bakımından farklı olan tasarımlar arasında seçim yapmak zorunda kalabilir. Bir dizi yöntem geliştirilmiştir, bunlar, özellikler arasındaki tercihler ortaya çıkarmaya ve göreli değerlerin öznel değerlendirmelerini nicel olarak ölçmeye yardımcı olabilir. Bu yapılabildiğinde, özellikler arasındaki takaslar niceliksel olarak değerlendirilebilir. Ancak çoğu zaman, özellikler uyumsuzdur. Sonuçta, verilen özellikler çeşitliliğine rağmen kararlar verilmelidir. Karmaşık karar analizinde yardımcı olabilecek birkaç karar analiz tekniği bulunmaktadır (Bölüm 6.8). Sistem mühendisi, karar vericilerin en maliyet-etkin seçeneği seçmelerine yardımcı olacak bilgilerin her zaman erişilebilir olması gerektiğini unutmamalıdır.

nsan Sistemleri Entegrasyonu (HSI) SE Sürecinde

NPR 7123.1'in başında belirtildiği gibi, “sistem yaklaşımı, bir sistemin tüm öğelerine (yani, donanım, yazılım, insan sistemleri entegrasyonu) uygulanır. Kısacası, sistem mühendisliği yaklaşımı bu üç temel öğeyi eşit derecede ele almalı ve entegre etmelidir: donanım, yazılım ve insan sistemleri entegrasyonu. Bu nedenle, insan öğesi, entegrasyon ve sistem mühendisliği süreçlerinin ele alması gereken bir konudur. NPR 7123.1'deki “sistem” tanımı kapsayıcıdır; yani, bir sistem, “bir ihtiyacı

karşılamak için gereken yeteneği üretmek için birlikte çalışan öğelerin birleşimidir. Bu öğeler, bu amaç için gerekli olan tüm donanım, yazılım, ekipman, tesisler, personel, süreçler ve prosedürleri içerir.” HSI hakkında ek bilgi ve rehberlik için, NASA Genişletilmiş Sistem Mühendisliği Rehberi'nin 2.6. bölümüne başvurun: https://nen.nasa.gov/web/se/doc-repository.

2.7 Sistem Mühendisleri için Yeterlilik Modeli

TABLO 2.7-1, Sistem Mühendisliği için Yeterlilik Modelinin bir özetini sunmaktadır. NASA SE Yeterlilik modeli hakkında daha fazla bilgi için şu kaynağa başvurun: http://appel.nasa.gov/competency-model/.

Bu yeterliliklerle ilişkilendirilmiş dört yetkinlik seviyesi vardır: • Takım Uygulayıcısı/Teknik Mühendis
• Takım Lideri/Alt Sistem Lideri
• Proje Sistem Mühendisi
• Başmühendis

Yeterlilik Alanı	Yeterlilik	Açıklama
SE 2.0 Ürün Gerçekleştirme	SE 2.4 Ürün Doğrulama	Doğrulanan bir ürünün, amaçlanan kullanımda ve belirlenen ortamda paydaş beklentilerini karşıladığını doğrulamak ve doğrulama sırasında tespit edilen herhangi bir anomaliyi uygun şekilde çözmek.
SE 2.5 Ürün Geçişi	Doğrulanan ve doğrulanmış ürünü sistem yapısındaki bir sonraki seviyeye müşteriye geçirme.	
SE 3.0 Teknik Yönetim	SE 3.1 Teknik Planlama	Her bir ortak teknik sürecin uygulanması ve yönetimi için planlama, tanımlama, tanımlama ve gerekli teknik çabayı planlama ve proje hedeflerini karşılamak için gerekli teknik çabayı planlama.
SE 3.2 Gereksinim Yönetimi	Ürün gereksinimlerini yönetme, yaşam döngüsü boyunca gereksinim temel çizgilerini oluşturma ve yönetme.	
SE 3.3 Arayüz	İç ve dış arayüz bilgilerini yönetmek ve ürünlerin son ürünler arasında uyumluluğunu	

SE 3.3 Arayüz Yönetimiİç ve dış arayüz bilgilerini yönetmek ve ürünlerin son ürünler arasında uyumluluğunu sağlamak için arayüz yönetim bilgilerini kurma ve kullanma.SE 3.4 Teknik Risk YönetimiPlanlardan teknik riskleri sürekli olarak inceleme ve ortaya çıkmadan önce potansiyel teknik problemleri belirleme.

Yeterlilik Alanı	Yeterlilik	Açıklama
SE 1.0 Sistem Tasarımı	**SE 1.1 Paydaş Beklentileri Tanımlama ve Yönetimi**	Bu, paydaşları belirlemeyi, destek stratejilerini oluşturmayı, Etkinlik Ölçütleri (MOs) ve performans gereksinimlerini oluşturmayı içerir.
	SE 1.2 Teknik Gereksinimler Tanımlaması	Temel paydaş beklentilerini eşsiz, nicel ve ölçülebilir teknik gereksinimlere dönüştürmek, tasarım problemlerini çözmek için gereksinimleri tanımlamak.
	SE 1.3 Mantıksal Parçalanma	Teknik gereksinimleri mantıklı bir şekilde alt düzey gereksinimlere dönüştürmek. Alt sistemleri tanımlamak, fonksiyon, davranış, veri, obje modellerini kullanarak çözüm önerileri oluşturmak.
	SE 1.4 Tasarım Çözümü Tanımlaması	Çözüm önerilerini bir veya daha fazla alternatif tasarım çözümü ile belirlemek. İyi bir çözüm tasarımı, alt sistem gereksinimlerini karşılayacak şekilde geliştirilir.
SE 2.0 Ürün Gerçekleştirilmesi	**SE 2.1 Ürün Uygulaması**	Tasarım gereksinimlerine uygun olarak ürün oluşturmak, üretim stratejileri geliştirmek.
	SE 2.2 Ürün Entegrasyonu	Alt düzey doğrulama edilmiş ürünleri, daha yüksek düzeydeki ürüne entegre etmek. Entegrasyon hazırlığını sağlamak, gerekli destek dökümantasyonunu hazırlamak.
	SE 2.3 Ürün Doğrulama	Ürün doğrulama testlerini yapmak, doğrulama sonuçlarını analiz etmek.

SE 3.0 Teknik Yönetim	SE 3.5 Konfigürasyon Yönetimi	Ürünün yaşam döngüsü boyunca çeşitli zaman noktalarında ürünün konfigürasyonunu tanımlamak, ürün konfigürasyonundaki değişiklikleri sistematik olarak kontrol etmek, ürün konfigürasyonunun bütünlüğünü ve izlenebilirliğini sürdürmek ve ürün konfigürasyonunun kayıtlarını korumak.
SE 3.6 Teknik Veri Yönetimi	Ürünle ilgili verileri yaşam döngüsü boyunca tanımlamak ve kontrol etmek; sistem ürünlerini geliştirmek, yönetmek, işletmek, desteklemek ve emekli etmek için gereken verileri elde etmek, erişmek ve dağıtmak.	
SE 3.7 Teknik Değerlendirme	Teknik çabanın ilerlemesini izlemek ve sistem tasarımı, ürün gerçekleştirme ve teknik yönetim çabalarını desteklemek için bilgi sağlamak.	
SE 3.8 Teknik Karar Analizi	Teknik karar sorunlarını değerlendirmek, karar kriterlerini belirlemek, alternatifleri belirlemek, alternatifleri analiz etmek ve alterna	

NASA'da, büyük sistemlerin yönetimi için kullanılan temel kavramlardan biri, program/proje yaşam döngüsüdür. Bu döngü, bir program veya projeyi gerçekleştirmek için yapılması gereken her şeyi, her biri birer Anahtar Karar Noktası (KDP) ile ayrılmış belirli fazlara kategorize eder. KDP’ler, karar yetkisi tarafından bir programın/projenin, yaşam döngüsünün bir sonraki fazına (veya bir sonraki KDP'ye) geçmeye hazır olup olmadığının belirlendiği olaylardır. Faz sınırları, “devam et” veya

“devam etme” kararları için doğal noktalar sağlayacak şekilde tanımlanır. Devam etme kararları, üzerinde anlaşmaya varılan bir süre içinde kaldırılması gereken engellerle nitelendirilebilir. Bir program veya proje, bir KDP'yi geçemezse, bu eksiklikleri giderdikten sonra tekrar denemesi için izin verilebilir veya proje sonlandırılabilir.

Tüm sistemler, bir ihtiyaç tanınması veya bir fırsatın keşfiyle başlar ve projelerin sonuna kadar çeşitli geliştirme aşamalarından geçer. Sistem mühendisliği ile ilgili analiz ve optimizasyon faaliyetlerinin en dramatik etkileri erken aşamalarda elde edilirken, maliyeti etkileyen kararlar, sistemin ömrü sona erdikçe bile sistem yaklaşımıyla ele alınabilir. Program/proje yaşam döngüsünü fazlara ayırmak, tüm süreci daha yönetilebilir parçalara ayırır. Program/proje yaşam döngüsü, yöneticilere, yönetim ve bütçe ortamlarına uygun zamanlarda yapılan ilerlemeyi görsel olarak sağlamak için kullanılmalıdır.

NASA projeleri için yaşam döngüsü, ilgili yönetim belgesinde tanımlanmıştır:

- Uzay uçuş projeleri için: NPR 7120.5, NASA Uzay Uçuş Programı ve Proje Yönetimi Gereksinimleri
- Bilgi teknolojisi için: NPR 7120.7, NASA Bilgi Teknolojisi ve Kurumsal Altyapı Programı ve Proje Yönetimi Gereksinimleri
- NASA araştırma ve teknoloji projeleri için: NPR 7120.8, NASA Araştırma ve Teknoloji Programı ve Proje Yönetimi Gereksinimleri
- Yazılım için: NPR 7150.2, NASA Yazılım Mühendisliği Gereksinimleri

Örneğin, NPR 7120.5, NASA yaşam döngüsünün ana fazlarını Formülasyon ve Uygulama olarak tanımlar. Uzay uçuş sistem projeleri için NASA yaşam döngüsü fazları, aşağıdaki yedi aşamalı artan parçalara ayrılır. Proje yaşam döngüsünün fazları şunlardır:

Program Ön Formülasyonu:

- Pre-Phase A: Konsept Çalışmaları

Program Formülasyonu:

- Faz A: Konsept ve Teknoloji Geliştirme
- Faz B: Ön Tasarım ve Teknoloji Tamamlama

Program Uygulaması:

- Faz C: Nihai Tasarım ve Üretim
- Faz D: Sistem Montajı, Entegrasyonu ve Testi, Fırlatma
- Faz E: Operasyonlar ve Süreklilik
- Faz F: Kapanış

Şekil 3.0-1, NPR 7120.5'ten alınmıştır ve NASA uzay uçuş projeleri için yaşam döngüsünü sağlar ve fazları tanımlayan KDP'leri ve incelemeleri belirtir. Yaşam döngüleri ile ilgili daha fazla bilgi, NASA Sistem Mühendisliği Genişletilmiş Kılavuzunda (https://nen.nasa.gov/web/se/doc-repository) ve SP-2014-3705, NASA Uzay Uçuş Programı ve Proje Yönetimi El Kitabı'nda bulunabilir.

Tablo 3.0-1, NPR 7123.1'ten alınmış olup, ürün yaşam döngüsünde geliştirilen ve olgunlaştırılan ana SE ürünlerinin ürün olgunluğu seviyelerini temsil eder.

3.1 Program Formülasyonu

Program Formülasyonu Fazı, Ajans ve misyon yönetimi hedef ve amaçlarını karşılayacak şekilde maliyet-etkin bir program oluşturur. Program Formülasyonu Yetkilendirme Belgesi (FAD), bir Program Yöneticisine (PM) yeni bir program başlatma ve sağlam bir program planı oluşturmak için gerekli analizleri yapma yetkisi verir. Baş sistem mühendisi, program yaşam döngüsünün bu fazı için teknik planlama ve konsept geliştirmeyi sağlar. Planlama, gerekli olan büyük teknik incelemeleri belirlemeyi ve bunlarla ilişkili giriş ve çıkış kriterlerini içermektedir. KDP I'de onaylanacak ana incelemeler arasında SRR, SDR, PDR ve yönetimsel Program Yönetim Kurulu (PMC) incelemesi bulunmaktadır. Program Formülasyonu Fazı için gerekli olan geçiş ürünlerinin bir özeti, ilgili NASA yönergesinde bulunabilir (örneğin, uzay uçuş programları için NPR 7120.5, IT projeleri için NPR 7120.7, araştırma ve teknoloji projeleri için NPR 7120.8). Tüm program türleri için formülasyon aynıdır; bir veya daha fazla program incelemesi ve ardından, bir programın uygulamaya başlamak üzere onaylandığı KDP I karar aşaması yer alır.

3.2 Program Uygulaması

Program Uygulama Fazı sırasında, Program Yöneticisi (PM), Misyon Direktörlüğü Yardımcı Yöneticisi (MDAA) ve proje yöneticileri ile birlikte program planını maliyet-etkin bir şekilde yürütmek için çalışır. Program incelemeleri, programın, Ajans ve misyon yönetimi hedeflerine ve amaçlarına, finansman kısıtlamaları içinde katkı sağlamaya devam ettiğinden emin olmak için yapılır. Program Uygulama Fazı için gerekli olan geçiş ürünlerinin özeti, ilgili NASA yönergesinde bulunabilir; örneğin, uzay uçuş programları için NPR 7120.5. Program yaşam döngüsü, program türüne bağlı olarak iki farklı uygulama yoluna sahiptir. Her uygulama yolu farklı ana inceleme türlerine sahiptir. Sistem mühendisinin, bir projenin hangi program türüne girdiğini bilmesi önemlidir; böylece uygun teknik çalışma kapsamı, belge gereksinimleri ve incelemeler seti belirlenebilir.

UZAY UÇUŞU PROGRAMI FORMÜLASYONU

Amaç
Ajans ve misyon yönetimi hedeflerine ve amaçlarına ulaşabilecek şekilde maliyet-etkin bir program oluşturmak.

Uzay Uçuşu Programları İçin Tipik Faaliyetler ve Ürünleri
• Program paydaşlarını ve kullanıcılarını belirleyin
• Kullanıcı beklentilerine dayalı program gereksinimlerini geliştirin ve bunları ilk projelere tahsis edin
• NASA risk sınıflandırmasını belirleyin
• Program alım stratejilerini tanımlayın ve onaylayın
• Diğer programlarla arayüzler geliştirin
• Programdaki birden fazla proje arasında kesişen teknolojileri geliştirmeye başlayın
• İlk maliyet tahminlerini çıkarın ve program bütçesini, projenin yaşam döngüsü maliyetlerine dayalı olarak onaylayın
• NPR 7120.5'te tanımlanan gerekli program Formülasyon teknik faaliyetlerini gerçekleştirin
• NPR 7123.1'de ayrıntılı olarak belirtilen program Formülasyon incelemelerinin giriş/başarı kriterlerini yerine getirin
• Programın operasyonel dönemdeki faydalarını ve kullanımını açıkça tanımlayın ve bunu bir ConOps (Concept of Operations) belgesinde belgeleyin

İncelemeler
• MCR (Formülasyon öncesi)
• SRR
• SDR

UZAY UÇUŞU PROGRAMI UYGULAMASI

Amaç
Programı ve bileşen projeleri yürütmek ve programın, ajans hedefleri ve amaçlarına maliyet sınırlamaları içinde katkıda bulunmaya devam etmesini sağlamak.

Tipik Faaliyetler ve Ürünleri
• Projeleri doğrudan atama veya rekabetçi süreç (örneğin, Teklif Talebi (RFP), Fırsat Duyurusu (AO)) yoluyla başlatın
• Projenin formülasyonunu, onayını, uygulamasını, entegrasyonunu, operasyonunu ve nihai olarak devre dışı bırakılmasını izleyin
• Kaynaklar ve gereksinimler değiştikçe programı ayarlayın
• NPR 7120.5'teki gerekli program Uygulama teknik faaliyetlerini gerçekleştirin
• NPR 7123.1'deki program Uygulama incelemelerinin giriş/başarı kriterlerini yerine getirin

İncelemeler
• PSR/PIR (bağlantısız ve gevşek bağlı programlar için yalnızca)
• Proje yaşam döngüsündeki proje incelemeleriyle eşanlamlı (ancak

tekrarlamayan) incelemeler (ŞEKİL 3.0-4'e bakın) yalnızca tekli projeler ve sıkı bağlı programlar için Phase D'ye kadar

3.3 Proje Pre-Phase A: Konsept Çalışmaları

Amaç
Pre-Phase A'nın amacı, yeni programlar/projeler seçilebilecek geniş bir fikir ve alternatif yelpazesi üretmektir.
Pre-Phase A sırasında, bir çalışma veya teklif ekibi, teknik, maliyet ve zaman çizelgesi kısıtlamaları içinde kalabilecek ve program ve Misyon Direktörlüğü hedeflerine katkıda bulunabilecek geniş bir misyon konsepti yelpazesi analiz eder. Pre-Phase A çabası, yüksek riskli veya yüksek teknoloji geliştirme alanlarında odaklanmış incelemeler içerebilir. Bu ileri düzey çalışmalar, müşterilerle ve diğer potansiyel paydaşlarla etkileşimler, ekibin umut verici misyon konsept(ler)ini tanımlamasına yardımcı olur. Ana paydaşlar (müşteri dahil) belirlenir ve proje için beklentiler toplanır.
Eğer uygulanabilir konseptler bulunabilirse, bunlardan biri veya daha fazlası, daha ileri gelişim için Phase A'ya alınabilir. Genellikle, sistem mühendisleri, konsept seçeneklerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesinde yoğun bir şekilde yer alır. NPR 7120.5 tarafından yönetilen projelerde, descope seçenekleri, tüm misyonu yerine getirecek kaynaklar mevcut olmadığında sistemin ne yapabileceğini tanımlar. Bu, daha az enstrüman, daha az iddialı bir misyon profili, yalnızca birkaç hedefin gerçekleştirilmesi veya daha ucuz, daha az yetenekli teknolojilerin kullanılması şeklinde olabilir. Descope seçenekleri ayrıca, bir donanım arızası sonucu uzay aracının bir kısmının kaybedilmesi durumunda misyonun ne yapabileceğini de yansıtabilir; örneğin, bir yörünge aracının iniş aracının kaybı sonrası neler yapabileceği. Başarı kriterleri, descope edilmiş misyonla uyumlu olacak şekilde azaltılır. Descope seçenekleri, NGO'lar veya diğer paydaş beklenti belgeleri geliştirilirken oluşturulur. Proje ekibi, MCR için bir gate ürünü olarak bir ön set descope seçeneği geliştirir, ancak bu ön descope seçenekleri temel alınmaz veya korunmaz. Bunlar, yaşam döngüsünün ilerleyen aşamalarında gerektiğinde kullanılabilmesi için dokümantasyon arşivinde saklanır.
Pre-Phase A'da, misyon hedefleri ve operasyonel konseptlerin, nihai kullanıcıların ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılayacak şekilde doğru bir paydaş ve kullanıcı grubu tanımlanması önemlidir. Ayrıca, teknik ekibin bileşimini tahmin etmek ve herhangi bir özel tesis veya personel gereksinimlerini tanımlamak da önemlidir.
İleri düzey çalışmalar birkaç yıl sürebilir ve genellikle misyon hedeflerini belirlemeye ve üst düzey sistem gereksinimleri ile ConOps (Operational Concept) geliştirmeye odaklanır. Kavramsal tasarımlar, fizibiliteyi göstermek ve program tahminlerine destek olmak için geliştirilebilir. Vurgulanan konu, optimal olmaktan çok fizibilite ve istenebilirliktir. Analizler ve tasarımlar, derinlik ve seçenek sayısı açısından sınırlı olsa da, her seçenek, tüm yaşam döngüsü boyunca (yani Operasyonlar ve Atık Yönetimi dahil) etkileri açısından değerlendirilmelidir. Pre-Phase A'da, önerilen programın hangi sorunları ele alacağını, bunları nasıl ele

alacağını ve çözümün nasıl uygulanabilir ve maliyet etkin olacağını net bir şekilde tanımlamak ve olgunlaştırmak önemlidir.

UZAY UÇUŞU PRE-PHASE A: KONSEPT ÇALIŞMALARI

Amaç

Yeni programlar ve projeler seçilebilecek geniş bir fikir ve alternatif yelpazesi üretmek. İstenilen sistemin fizibilitesini belirlemek; misyon konseptleri geliştirmek; sistem düzeyinde gereksinimler taslağı hazırlamak; performans, maliyet ve zaman çizelgesi fizibilitesini değerlendirmek; potansiyel teknoloji ihtiyaçlarını ve kapsamını belirlemek.

Tipik Faaliyetler ve Ürünler

• Başlangıçtaki müşteri gereksinimlerini veya iş kapsamını gözden geçirme/belirleme, bunlar şunları içerebilir:

Misyon
Bilim
Üst düzey sistem
• Kullanıcıları ve diğer paydaşları tanımlayın ve dahil edin
Her yaşam döngüsü aşaması için ana paydaşları belirleyin
Beklentileri İhtiyaçlar, Hedefler ve Amaçlar (NGO'lar) olarak yakalayın ve temel alın
Etkinlik ölçütlerini tanımlayın
• Operasyon Konseptini geliştirin ve temel alın
Alternatiflerin değerlendirilmesi (AoA) için ticaret analizleri yapın ve analizleri gerçekleştirin
Olası misyonların ön değerlendirmelerini yapın
• Risk sınıflandırmasını belirleyin
• İlk teknik riskleri belirleyin
• Misyon hedeflerini yerine getirmede rol ve sorumlulukları belirleyin (yani, teknik ekip, uçuş ve yer ekipleri), eğitim dahil
• Planlar geliştirin
Öncelikli SEMP (Sistem Mühendisliği Yönetim Planı) geliştirin
Teknoloji Geliştirme Planı oluşturun ve temel alın
Öncelikli doğrulama ve geçerlilik yaklaşımını tanımlayın
• Program/proje tekliflerini hazırlayın, bu teklifler şunları içerebilir:
Misyon gerekçesi ve hedefleri;
Programın sonuçlarının, misyon hedeflerini maliyet etkin bir şekilde nasıl karşılayacağını açıkça gösteren bir ConOps;
Yüksek düzeyde İş Kırılım Yapıları (WBS);
Yaşam döngüsüne ilişkin kaba maliyet, zaman çizelgesi ve risk tahminleri; ve
Teknoloji değerlendirmesi ve olgunlaştırma stratejileri.
• MCR giriş/başarı kriterlerini NPR 7123.1'den karşılayın

İncelemeler
• MCR
• Gayri resmi teklif incelemesi

3.4 Proje Aşaması A: Konsept ve Teknoloji Geliştirme

Amaç
Aşama A'nın amacı, program beklentilerine, gereksinimlerine ve proje üzerindeki kısıtlamalarına (kaynaklar dahil) yanıt veren, güvenilir bir önerilen misyon/sistem mimarisi geliştirmektir. Aşama A sırasında, temel misyon konsepti tam olarak geliştirilir, gerekli teknolojilerin geliştirilmesine başlanır ya da bu sorumluluk üstlenilir ve sistem işlevselliğinin tam olarak sağlanması için insan unsurlarına olan bağımlılık netleştirilir veya otonom sistem geliştirilmesi sağlanır. Bu çalışmalar, paydaşlarla etkileşimler ile birlikte, misyon konseptinin ve program gereksinimlerinin projede olgunlaşmasına yardımcı olur. Sistem mühendisleri, bu aşama boyunca mimarinin geliştirilmesi ve gereksinimlerin mimari unsurlara tahsis edilmesinde yoğun bir şekilde yer alırlar.

Aşama A'da, genellikle bir program ya da gayri resmi bir proje ofisi ile ilişkilendirilen bir ekip, Pre-Phase A'da ilk geliştirilen misyon konseptini tekrar ele alır ve projenin gerekçesinin ve uygulanabilirliğinin NASA bütçesinde bir yer edinmesi için yeterli olduğunu garanti eder. Ekip, misyon gereksinimlerini analiz etmeye ve bir misyon mimarisi oluşturmaya odaklanır. Faaliyetler daha resmi hale gelir ve vurgu, konsept tasarımını optimize etmeye kayar. Çalışmalar daha derinleşir ve birçok alternatif değerlendirilir. Hedefler ve amaçlar netleşir, proje sistem gereksinimlerinde, üst düzey sistem mimarisinde ve ConOps (Operasyon Konsepti) üzerinde daha fazla tanım geliştirilir. Konsept tasarımları ve analizler (gerektiğinde mühendislik üniteleri ve fiziksel modeller dahil) geliştirilir ve Pre-Phase A'dan daha fazla mühendislik detayı gösterir. Teknik riskler daha ayrıntılı şekilde belirlenir ve teknoloji geliştirme ihtiyaçları odaklanır. Aşama A'da, NASA sistem mühendisliği gereksinimlerinin ve NPR 7123.1'deki uygulamalarının program yaşam döngüsü boyunca nasıl ele alınacağını belgelemek için bir Sistem Mühendisliği Yönetim Planı (SEMP) temel alınır.

Aşama A'da, çaba, işlevlerin belirli donanım, yazılım ve insanlara tahsis edilmesine odaklanır. Sistem işlevsel ve performans gereksinimleri, mimariler ve tasarımlar, sistem ve alt sistem ticaret analizleri arasında karşılıklı olarak gidip gelerek kesinleşir ve daha maliyet etkin tasarımlar arayışında konu uzmanlarıyla işbirliği yapılır. Yaşam döngüsü maliyetini (yani, sistem düzeyindeki maliyet etkinlik modelini) belirleme yöntemi, farklı alternatifler için maliyet etkilerini karşılaştırmak amacıyla geliştirilebilir. (Ticaret çalışmaları, sistem tasarımı kararlarından önce yapılmalıdır.) Bu noktaya kadar ana ürünler, sistem ve ana nihai ürünleri için kabul edilen işlevsel bir temel içerir. Proje ekibi, NPR 2810.1 ve Federal Information Processing Standard (FIPS PUB) 199'e göre gerekli

olan IT sistemlerinin güvenlik kategorilendirmesini yapar. Çalışma ayrıca, projenin doğrulama ve operasyonlar gibi alt süreçlerini yönetmek için çeşitli mühendislik ve yönetim planları üretir.

UZAY UÇUŞU AŞAMASI A: KONCEPT VE TEKNOLOJİ GELİŞTİRME

Amaç

Önerilen yeni bir sistemin uygulanabilirliğini ve arzu edilebilirliğini belirlemek ve NASA'nın stratejik planlarıyla ilk uyumluluğu sağlamak. Nihai misyon konsepti, sistem düzeyinde gereksinimler, gerekli sistem teknoloji gelişmeleri ve program/proje teknik yönetim planları geliştirilir.

Tipik Faaliyetler ve Ürünler

• Gerekirse, Pre-Phase A'da temel atılmış belgeleri gözden geçirme ve güncelleme
• Planlara karşı ilerlemeyi izleme
• Üst düzey gereksinimleri ve kısıtlamaları (iç ve dış arayüzler, entegre lojistik ve bakım desteği, sistem yazılımı işlevselliği dahil) geliştirme ve temel alma
• Sistem gereksinimlerini işlevlere ve bir alt seviyeye tahsis etme
• Gereksinimleri doğrulama
• Planları temel alma

Sistem Mühendisliği Yönetim Planı
İnsan Sistemleri Entegrasyonu Planı
Risk Yönetimi Planı, Yapılandırma Yönetimi Planı, Veri Yönetimi Planı, Güvenlik ve Misyon Güvence Planı, Yazılım Geliştirme veya Yönetim Planı gibi kontrol planları (Bkz. NPR 7150.2)
Diğer çapraz kesen ve uzmanlık planları (çevresel uyum belgeleri, edinim gözetim planı, kirlenme kontrol planı, elektromanyetik girişim/elektromanyetik uyumluluk kontrol planı, güvenilirlik planı, kalite kontrol planı, parça yönetimi planı, lojistik planı gibi)
• İlk Doğrulama ve Geçerlilik Planı geliştirme
• İnsan derecelendirme planı oluşturma ve ilk değerlendirmeleri yapma
• Misyon mimarisini geliştirme ve temel alma
Test tezgahları, mühendislik üniteleri veya modeller geliştirme, yüksek riskli konseptleri tanımlama ve azaltma
Güvenilir, uygulanabilir tasarım(lar)ın varlığını gösterme
Ticaret çalışmaları yapma ve arşivleme
İnsan sistemleri etkileşimleri üzerine çalışmalar başlatma
• Çevresel değerlendirme/National Environmental Policy Act (NEPA) sürecini başlatma
• İlk yörünge enkazı değerlendirmesi (NASA-STD-8719.14) geliştirme
• Teknik yönetim gerçekleştirme
Teknik maliyet tahminini sağlama ve sistem düzeyinde maliyet etkinlik modeli geliştirme
Çalışma Kırılım Yapısını (WBS) tanımlama
Sözleşme Taslakları (SOW) geliştirme
Sistem mühendisliği araçları ve modelleri edinme

Teknik kaynak tahminleri oluşturma
• Riskleri tanımlama, analiz etme ve güncelleme
• NPR 7120.5'te belirtilen Aşama A teknik faaliyetlerini yerine getirme
• NPR 7123.1'te belirtilen Aşama A inceleme giriş/başarı kriterlerini yerine getirme

İncelemeler
• SRR (Sistem Gereksinimleri İncelemesi)
• MDR/SDR (Misyon Tasarımı İncelemesi / Sistem Tasarımı İncelemesi)

3.5 Proje Aşaması B: Ön Tasarım ve Teknoloji Tamamlama

Amaç
Aşama B'nin amacı, proje ekibinin teknoloji geliştirmesini, mühendislik prototiplemesini, miras donanım ve yazılım değerlendirmelerini ve proje Formülasyon Anlaşması (FA) ile belirlenen diğer risk azaltma faaliyetlerini tamamlamasıdır. Proje, Formülasyon aşamasında geliştirilen planlama, teknik, maliyet ve zaman çizelgesi temellerinin tamamlanmış ve tutarlı olduğunu; ön tasarımın gereksinimlerle uyumlu olduğunu; projenin Aşama C'ye başlamak için yeterince olgunlaştığını; ve maliyet ve zaman çizelgesinin, kabul edilebilir riskle misyon başarısını sağlayacak kadar yeterli olduğunu göstermektedir. Bu aşamanın sonunda, proje ve Ajans, belirli bir maliyet ve zaman çizelgesinde projenin hedeflerine ulaşmayı taahhüt eder. Yaşam Döngüsü Maliyeti (LCC) 250 milyon dolardan fazla olan projeler için bu taahhüt, Kongre ve ABD Yönetim ve Bütçe Ofisi (OMB) ile yapılır. Bu dış taahhüt, Ajans Temel Taahhüdü (ABC) olarak adlandırılır. Sistem mühendisleri, çeşitli sistemlerin ön tasarımlarının birlikte çalışacağını, uyumlu olacağını ve müşteri beklentilerini ve geçerli gereksinimleri karşılayacağına emin olmak için bu aşamaya dahil olurlar.

Tipik Faaliyetler ve Ürünler
Aşama B'de, proje temeli olarak kabul edilecek bir başlangıç temeli oluşturmak için faaliyetler gerçekleştirilir. Bu temel, NPR 7120.5 ve NPR 7123.1'e göre, "proje düzeyindeki performans gereksinimlerinin, uçuş ve yer unsurları için tam bir sistem ve alt sistem tasarım spesifikasyonları setine" ve "karşılık gelen ön tasarımlara" resmi bir şekilde akışını içerir. Teknik gereksinimler, proje için kesin bir zaman çizelgesi ve maliyet tahminleri oluşturacak kadar ayrıntılı olmalıdır. Ayrıca, özellikle AO ile yönetilen projeler için, Aşama B'nin üst düzey gereksinimlerin ve bir sonraki seviyeye aktarılan gereksinimlerin nihai hale geldiği ve yapılandırma kontrolüne alındığı aşama olduğu belirtilmelidir. Gereksinimler Aşama A'da temel alınmış olmalıdır, ancak Aşama B'nin başlarında ve sonlarında yapılan ticaret çalışmaları ve analizler, sistem gereksinimlerinde değişikliklere veya ince ayarlara yol açabilir.

Aşama B'de tasarım kararlarının, orijinal hedefler ve amaçlar ile ConOps'a karşı doğrulanması önemlidir. Yaşam döngüsünün tüm yönleri dikkate alınmalıdır, özellikle eğitim, operasyonel kaynak yönetimi, insan

faktörleri, güvenlik, yaşanabilirlik ve çevre, bakım ve sürdürülebilirlik gibi tasarım kararlarının etkisi.

Aşama B temeli, projenin teknik ve ticari yönlerini kapsayan bir dizi gelişen temelden oluşur: sistem (ve alt sistem) gereksinimleri ve spesifikasyonları, tasarımlar, doğrulama ve operasyon planları gibi teknik kısmın temeli, ve zaman çizelgeleri, maliyet tahminleri ve yönetim planları gibi ticari kısmın temeli. Temellerin oluşturulması, yapılandırma yönetimi prosedürlerinin uygulanmasını ifade eder. (Bkz. Bölüm 6.5.)

Aşama B, bir dizi PDR (Ön Tasarım İncelemesi) ile sonlanır. Bu, sistem düzeyindeki PDR ve gerektiği durumlarda alt düzey bit ürünler için PDR'leri içerir. PDR'ler, gereksinimlerin tasarımlara doğru ilerleyen bir şekilde iyileştirilmesini yansıtır. PDR'lerde ortaya çıkan tasarım sorunları, nihai tasarımın belirsiz olmayan tasarım spesifikasyonlarına göre başlamasını sağlamak için çözülmelidir. Bu noktadan sonra, temel üzerinde yapılacak neredeyse tüm değişikliklerin, temel değişiklikler yerine ardışık iyileştirmeleri temsil etmesi beklenir. Aşağıdaki Şekil 2.5-1'de belirtildiği gibi, Aşama B ve sonrasındaki önemli tasarım değişiklikleri giderek daha pahalı hale gelir.

UZAY UÇUŞU AŞAMASI B: ÖN TASARIM VE TEKNOLOJİ TAMAMLAMASI

Amaç

Projeyi, misyon ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir başlangıç temeli oluşturacak kadar detaylı bir şekilde tanımlamak. Her sistem yapısının nihai ürünü (ve olanak sağlayan ürün) gereksinimlerini geliştirmek ve her sistem yapısı nihai ürünü için bir ön tasarım oluşturmak.

Tipik Faaliyetler ve Ürünler

- Önceki aşamalarda temel alınan belgeleri gözden geçirme ve güncelleme
- Planlara karşı ilerlemeyi izleme
- Ön tasarımı geliştirme

    İç ve dış bağlantılar dahil olmak üzere bir veya daha fazla uygulanabilir ön tasarım belirleme
    Aday tasarımların analizlerini yapma ve sonuçları raporlama
    Gerekli mühendislik geliştirme testlerini yapma ve sonuçları raporlama
    İnsan sistemleri entegrasyonu değerlendirmeleri yapma
    Bir ön tasarım çözümü seçme

- Olgunlaşmış ConOps'a dayalı operasyonel planlar geliştirme

Sistem operasyonlarını tanımlama ve Ana Yatırımcı (PI) / sözleşme teklif yönetimi, inceleme ve erişim ile acil durum planlaması yapma

- Teknoloji geliştirme sonuçlarını raporlama
- Maliyet aralığı tahminini ve zaman çizelgesi verilerini güncelleme (PDR sonrasında değişiklikler dahil edilip maliyetlendirildikten sonra, KDP C'de bu, Ajans Temel Taahhüdüne dönüşecektir)
- Değerlendirmelerde kullanılan modellerin ve prototiplerin güvenilirliğini artırma
- Riskleri tanımlama ve güncelleme
- Uygun seviyede güvenlik verisi paketi ve güvenlik planı geliştirme
- Ön planları geliştirme

Yörünge Artıkları Değerlendirmesi
Emeklilik Planı
İmha Planı

- NPR 7120.5'ten gerekli Aşama B teknik faaliyetlerini yerine getirme
- NPR 7123.1'ten Aşama B incelemelerinin giriş / başarı kriterilerini karşılama

İncelemeler

- PDR (Ön Tasarım İncelemesi)
- Güvenlik incelemesi

- **UZAY UÇUŞU AŞAMASI C: SON TASARIM VE ÜRETİM**

- **Amaç**
  Sistemin, detaylı gereksinimleri karşılayan detaylı tasarımını tamamlamak ve belgelendirmek, ürünleri üretmek, yazılımı kodlamak ya da başka yollarla gerçekleştirmek.

- **Tipik Faaliyetler ve Ürünler**
  Aşama C’de, tam bir tasarım (ürün temeli) oluşturmak, donanım üretmek ya da üretmek, yazılım kodlamak ve entegrasyon için hazırlık yapmak için faaliyetler gerçekleştirilir. Ticaret çalışmaları devam eder ve sonuçlar tasarımı, proje hedefleri, hedefleri ve ConOps ile doğrulamak için kullanılır. Gerçek donanıma daha yakın mühendislik test üniteleri inşa edilir ve beklenen ortamda tasarımın işlevsel olacağına güven duyulması için test edilir. Kullanıcı nüfusunu temsil eden insan denekler, tasarım, kullanım, bakım, eğitim prosedürleri ve ara yüzlerin operasyonel değerlendirmelerine katılır. Mühendislik uzmanlık ve çapraz analiz sonuçları tasarıma entegre edilir ve üretim süreci ile kontrolleri tanımlanır ve geçerli hale getirilir. Sistem mühendisleri, çeşitli sistemlerin nihai detaylı tasarımlarının birbirleriyle uyumlu çalışıp çalışmayacağını ve müşteri beklentilerini ve uygulanabilir

gereksinimleri karşılayıp karşılamayacağını sağlamak için bu aşamada yer alır. Üretim sırasında, sistem mühendisleri soruları yanıtlamak ve ortaya çıkabilecek arayüz sorunları üzerinde çalışmak için mevcut olacaktır.

- Aşama A'da başlatılan tüm test ve operasyonel ekipman, süreç ve analiz planlaması, mühendislik uzmanlık analizlerinin entegrasyonu, üretim süreçleri ve kontrolleri uygulanır. Yapılandırma yönetimi, tasarım değişikliklerini izlemeye ve kontrol etmeye devam ederken, ayrıntılı arayüzler tanımlanır. Nihai tasarımın ardışık iyileştirilmesinin her adımında, karşılık gelen entegrasyon ve doğrulama faaliyetleri daha ayrıntılı şekilde planlanır. Bu aşama sırasında, teknik parametreler, zaman çizelgeleri ve bütçeler yakından izlenir, böylece istenmeyen eğilimler (örneğin, uzay aracının kütlesindeki beklenmedik artış ya da maliyetindeki artış) erken fark edilip düzeltici önlemler alınabilir.

- Bu faaliyetler, CDR (Tasarıma Gözden Geçirme), Üretim Hazırlık İncelemesi (PRR) (gerekirse) ve SIR (Sistem İnceleme Raporu) için hazırlıkları içerir.
  Aşama C, sistem seviyesi CDR ve sistem hiyerarşisinin farklı seviyelerine karşılık gelen CDR'leri içeren bir dizi CDR içerir. Her bir nihai ürün için CDR, donanım üretimi başlamadan önce ve teslim edilecek yazılım ürünlerinin kodlanmaya başlamadan önce yapılmalıdır. Tipik olarak, CDR'lerin sırası, bir sonraki aşamada gerçekleşecek entegrasyon sürecini yansıtır; yani, alt seviyedeki CDR'lerden sistem seviyesi CDR'ye kadar. Ancak projeler, incelemelerin sırasını proje ihtiyaçlarına göre uyarlamalıdır. Eğer ürünlerin üretim serisi yapılacaksa, üretim planlarının, tesislerinin ve personelinin üretime başlamak için hazır olduğundan emin olmak için PRR yapılır. Aşama C, SIR ile tamamlanır. Eğitim gereksinimleri ve ön hazırlık misyonu operasyon prosedürleri oluşturulur ve temel hale getirilir. Bu aşamanın nihai ürünü, entegrasyon için hazır bir üründür.

UZAY UÇUŞU AŞAMASI C: SON TASARIM VE ÜRETİM

Amaç

Sistemin (ve ilişkili alt sistemlerinin, operasyonel sistemler de dahil) detaylı tasarımını tamamlamak, donanım üretmek ve yazılım kodlamak. Her sistem yapı son ürününün nihai tasarımlarını oluşturmak.

Tipik Faaliyetler ve Ürünler

- Önceki aşamalarda temel alınan belgeleri gözden geçirin ve güncelleyin
- Planlarla karşılaştırarak ilerlemeyi izleyin
- Donanım ve yazılım detaylı tasarımlarını geliştirin ve belgelendirin

Seçilen ön tasarımları tamamen olgunlaştırın ve tanımlayın
Sistemin mimarisine kalan alt seviye tasarım spesifikasyonlarını ekleyin
Ticaret çalışmaları yapın ve arşivleyin
Bileşen veya alt sistem seviyesinde geliştirme testleri yapın
Nihai tasarımı tamamen belgelendirin ve veri paketini geliştirin

- Planları geliştirin/yeniden düzenleyin ve temel alın

  Arayüz tanımlamaları
  Uygulama planları
  Entegrasyon planları
  Doğrulama ve geçerlilik planları
  Operasyon planları

- İlk planları geliştirin/yeniden düzenleyin

  İhtiyat ve bertaraf planları, insan kaynağı geçişi dahil
  Yedek parçalar
  İletişim (komut ve telemetri listeleri dahil)

- Aşağıdaki prosedürleri geliştirin/yeniden düzenleyin

  Entegrasyonu iyileştirin
  Üretim ve montaj
  Doğrulama ve geçerlilik

- Ürünü üretin (ya da kodlayın)
- Riskleri tanımlayın ve güncelleyin
- Proje ilerlemesini proje planlarıyla karşılaştırarak izleyin
- Fırlatma alanı kontrolü ve sonrası fırlatma aktivasyonu ve kontrolü için hazırlık yapın
- Uygun seviyedeki güvenlik veri paketini sonlandırın ve güncellenmiş güvenlik planını hazırlayın
- Önceden planlanmış ürün iyileştirmeleri için fırsatları belirleyin
- Yörünge enkazı değerlendirmesini iyileştirin
- NPR 7120.5'e uygun olarak Aşama C için gerekli teknik faaliyetleri yerine getirin
- NPR 7123.1'e göre Aşama C incelemesi giriş/başarı kriterlerini karşılayın

İncelemeler

- CDR
- PRR
- SIR
- Güvenlik incelemesi

- **UZAY UÇUŞU AŞAMASI D: SİSTEM ASSEMBLİSİ, ENTEGRASYON VE TEST, FIRLATMA**

- **Amaç**
  Aşama D'nin amacı, sistemi monte etmek, entegre etmek, doğrulamak, geçerliliğini test etmek ve fırlatmaktır. Bu faaliyetler, Fırlatma Hazırlık İncelemesi (FRR)/Görev Hazırlık İncelemesi (MRR) için hazırlık yapmaya odaklanır. Faaliyetler, sistemin montajı, entegrasyonu, doğrulaması ve geçerliliği ile test edilmesini içerir; bu testler, uçuş sisteminin beklenen çevrelerde, tolerans sınırları içinde çalışmasını sağlamayı amaçlar. Diğer faaliyetler, operasyonel prosedürlerin güncellenmesi, operasyonel personel ve ekip üyelerinin tatbikatları ve eğitimi, lojistik ve yedek parça planlamasının uygulanmasını içerir. Uçuş projeleri için, faaliyetlerin odağı daha sonra fırlatma öncesi entegrasyon ve fırlatmaya kayar. Sistem mühendisliği, bu aşamanın tüm yönlerine dahil olur; soruları yanıtlamak, tavsiye sağlamak, sorunları çözmek, doğrulama ve geçerlilik testlerinin sonuçlarını değerlendirmek, V&V sonuçlarının müşteri beklentilerini ve geçerli gereksinimleri karşılayıp karşılamadığını kontrol etmek ve karar alıcılara go/no-go kararları için bilgi sağlamak bu süreçlere dahildir.

- Aşama D faaliyetlerinin planlaması Aşama A'da başlatılmıştır. BT projeleri için, BT Sistem Mühendisliği El Kitabı'na başvurulmalıdır. Faaliyetlerin planlaması, bu noktada yapılacak değişikliklerin maliyetli olabileceği için mümkün olduğunca erken yapılmalıdır. Aşama D, amacını yerine getirebileceği kanıtlanmış bir sistemle sonlanır.

UZAY UÇUŞU AŞAMASI D: SİSTEM ASSEMBLİSİ, ENTEGRASYON VE TEST, FIRLATMA

Amaç
Sistemi (donanım, yazılım ve insanları) monte etmek ve entegre etmek, bu esnada sistem gereksinimlerini karşılayıp karşılayamayacağına dair güven inşa etmek. Fırlatma yapıp operasyonlar için hazırlık yapmak. Sistem son ürünü uygulaması, montajı, entegrasyonu ve testi yapılacak, ardından kullanıma geçiş sağlanacaktır.

Tipik Faaliyetler ve Ürünler
• Önceki aşamalarda geliştirilen ve temel alınan belgeleri güncelleme
• Proje ilerlemesini planlara karşı izleme
• Riskleri belirleme ve güncelleme
• Entegrasyon planlarına göre bileşenleri entegre etme/montajlama
• V&V Planı ve prosedürlerine göre montajlar üzerinde doğrulama ve geçerlilik testleri yapma

Sistem nitelik doğrulamaları yapma, çevresel doğrulamaları dahil
Sistem kabul doğrulamaları ve geçerlilikleri (örneğin, tüm öğeleri kapsayan uçtan uca testler; yani uzay öğesi, yer sistemi, veri işleme sistemi) yapma
Doğrulama ve geçerlilik sonuçlarını değerlendirme ve onaylama
Doğrulama ve geçerlilik tutarsızlıklarını çözme
Yapılan doğrulama ve geçerliliklerin belgelerini arşivleme
Doğrulama ve geçerlilik raporunu temel alma
• Aşağıdaki belgeleri hazırlama ve temel alma
Operatör kılavuzları
Bakım kılavuzları
Operasyon el kitabı
• Fırlatma, operasyonlar ve yer destek siteleri hazırlıklarını yapma, gerektiği durumlarda eğitim sağlayarak
İlk sistem operatörlerini ve bakım personelini eğitme
Acil durum planlaması eğitimi verme
Telemetri doğrulama ve yer veri işleme doğrulamasını onaylama
Sistem ve destek öğelerinin uçuşa hazır olduğunu teyit etme
Sistemin fırlatılması ve kontrol edilmesine destek sağlama
Planlanan yörünge üzeri operasyonel doğrulama ve geçerlilikleri yapma
• Öğrenilen dersleri belgeleme. NPR 7120.5'te belirtilen gerekli Aşama D teknik faaliyetlerini yerine getirme
• NPR 7123.1'te belirtilen Aşama D inceleme giriş/başarı kriterilerini sağlama

İncelemeler
• Test Hazırlık İncelemeleri (TRR)
• Sistem Kabul İncelemesi (SAR) veya ön-gönderim incelemesi
• ORR
• FRR
• Sistem fonksiyonel ve fiziksel yapı denetimleri
• Güvenlik incelemesi

UZAY UÇUŞU AŞAMASI E: OPERASYONLAR VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Amaç
Aşama E'nin amacı, başlangıçta belirlenen ihtiyacı karşılamak ve bu ihtiyata destek sağlamayı sürdürmektir. Bu aşamanın ürünleri, misyonun sonuçları ve sistemin performansıdır.
Sistem mühendisliği personeli, entegrasyonun genellikle operasyonlarla örtüştüğü karmaşık sistemlerde bu aşama boyunca rol oynamaya devam eder. Bazı programlar, her seferinde yapılandırma değişiklikleri ve yeni misyon hedefleri gerektiren tekrar eden operasyonlar/ucuşlara sahiptir. Karmaşık sürdürülebilirlik ihtiyaçları veya insan katılımı olan sistemler, operatörlerin yapması beklenmeyen değerlendirme ve ayarlamalar gerektirebilir. Bu aşama sırasında bakım ve lojistik hizmet gibi özel mühendislik disiplinleri de görev yapmaktadır. Bu tür görevler, ortak sistem mühendisliği süreçlerinin yinelemeli ve/veya tekrarlı olmasını

gerektirebilir.
Sistem mühendisliği personeli, uçuş sırasında oluşan anomali çözümlemelerinde de yer alabilir. Ayrıca, yazılım geliştirme aşama E'ye kadar devam edebilir. Örneğin, bir gezegen araştırma sondasının yazılımı, uçuş sırasında geliştirilebilir ve yukarıya aktarılabilir. Bir diğer örnek ise uzay istasyonu artımları için geliştirilen yeni donanımlar olabilir.
Bu aşama, sistemin evrimini kapsar ancak bu evrim, sistem mimarisine önemli değişiklikler getirmediği sürece devam eder. Bu tür değişiklikler, yeni "ihtiyaçlar" oluşturur ve proje yaşam döngüsü yeniden başlar. Büyük uçuş projeleri için, bir süreliğine yolculuk, yörüngeye yerleşme, yörünge üzeri montaj ve ilk sistem denemeleri yapılabilir. Başlangıç misyonunun sonunda, proje, misyon faaliyetlerini sürdürmek veya ek misyon hedeflerini gerçekleştirmek için bir misyon uzatması başvurusu yapabilir.
Aşama E'deki sistem mühendisliği hakkında daha fazla bilgi için Ek T'ye bakınız.

UZAY UÇUŞU AŞAMASI F: KAPANIŞ

Amaç

Aşama F'nin amacı, sistemin devre dışı bırakılması ve imha edilmesi planlarını uygulamak ve geri gönderilen veri ve örnekleri analiz etmektir. Bu aşamanın ürünleri, misyonun sonuçlarıdır. Sistem mühendisliği, tüm teknik bilgilerin doğru bir şekilde tanımlanıp arşivlenmesini sağlamak, soruları yanıtlamak ve ortaya çıkan sorunları çözmek için bu aşamada yer alır.
Aşama F, sistemin misyonunu tamamladığı zaman gerçekleşir; bu zaman dilimi birçok faktöre bağlıdır. Kısa bir misyon süresinin ardından Dünya'ya dönen bir uçuş sistemi için kapanış, donanımın entegrasyonunun yapılması ve sahibine geri teslim edilmesinden ibaret olabilir. Uzun süreli uçuş projelerinde ise kapanış, belirlenen planlara göre yapılabilir ya da beklenmeyen olaylar (örneğin arızalar) sonucu başlayabilir. Çalışan bir misyonu sonlandırmak için NASA Politika Direktifi (NPD) 8010.3'e, "İşletilen Uzay Sistemlerini Devre Dışı Bırakma veya Sonlandırma ve Misyonları Sonlandırma Bildirimi" başvurulmalıdır. Alternatif olarak, teknolojik ilerlemeler, sistemin mevcut yapılandırmasıyla ya da geliştirilmiş bir yapılandırmayla işletilmesinin ekonomik olmaması durumunu oluşturabilir.
Uzay enkazını sınırlamak amacıyla, NPR 8715.6, "Yörüngedeki Robotik Uydu Sistemlerinin İşlevsel Yörüngelerinden Sonra Çıkarılması için NASA Prosedür Gereksinimleri" belgesi, robotik uyduların operasyonel yörüngelerinden, kullanım ömürlerinin sonunda nasıl çıkarılacağını belirleyen gereksinimleri sunar. Düşük Yörünge (LEO) görevlerinde uydu genellikle yörüngeden düşürülür. Küçük uydularda bu, yörüngenin yavaşça bozulmasına ve uydunun Dünya atmosferinde yanarak yok olmasına izin verilerek yapılır. Daha büyük ve ağır uydular ve gözlemevleri, kontrollü bir şekilde deorbit edilmelidir, böylece güvenli bir şekilde okyanusun uzak bir bölgesine yönlendirilebilir. Jeostasyoner (GEO) uyduları ise 35,790 km yükseklikte oldukları için pratikte deorbit

edilemez; bu nedenle, daha kalabalık operasyonel GEO yörüngesinin çok ötesine yüksek bir yörüngeye itilirler.
Bu aşamanın ne zaman başlayacağına dair belirsizlikler, güvenli bir sistem kapanışına yönelik faaliyetlerin uzun ve karmaşık olabileceği ve sistem tasarımını etkileyebileceği anlamına gelir. Bu nedenle, projenin önceki aşamalarında farklı seçenekler ve stratejiler, maliyetler ve riskler ile birlikte dikkate alınmalıdır.

UZAY UÇUŞU AŞAMASI E: OPERASYONLAR VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Amaç
Misyonu gerçekleştirmek ve başlangıçta belirlenen ihtiyacı karşılamak, bu ihtiyata destek sağlamayı sürdürmektir. Misyon operasyonları planını uygulamak.

Tipik Aktiviteler ve Ürünler
• Fırlatma aracı performans değerlendirmesi yapmak. Bilimsel araçları devreye almak ve aktive etmek
• Belirlenen ana misyonu(ları) gerçekleştirmek
• Planlandığı şekilde sürdürücü destek sağlamak

Yedek parça planını uygulamak
Mühendislik ve bilim verilerini toplamak
Yedek operatörler ve bakım personeli eğitmek
Gelecekteki misyon aşamaları için uçuş ekibini eğitmek (örneğin, gezegen yüzeyine iniş operasyonları)
Operasyon ve bakım günlüklerini güncel tutmak ve onaylamak
Sistemi sürdürmek ve güncellemek
Riskleri tanımlamak ve güncellemek
Problem/arızalı raporlarını ele almak
Misyon verilerini işlemek ve analiz etmek
Gerekli ise misyon uzatma başvurusu yapmak
• Devre dışı bırakma, söküm ve devre dışı bırakma hazırlıklarını yapmak (misyon uzatılacaksa)
• Öğrenilen dersleri kaydetmek
• Uçuş sonrası değerlendirme raporlarını tamamlamak
• Nihai misyon raporunu geliştirmek
• NPR 7120.5'ten gerekli Aşama E teknik faaliyetlerini yerine getirmek
• NPR 7123.1'den Aşama E inceleme giriş/başarı kriterlerini sağlamak

İncelemeler
• Fırlatma Sonrası Değerlendirme İncelemesi (PLAR)
• Kritik Olay Hazırlık İncelemesi (CERR)
• Uçuş Sonrası Değerlendirme İncelemesi (PFAR) (insanlı uzay uçuşu yalnızca)
• DR
• Sistem güncelleme incelemesi
• Güvenlik incelemesi

UZAY UÇUŞU AŞAMASI F: KAPANIŞ

Amaç
Aşama E'de geliştirilen sistemlerin devre dışı bırakma/imha planını uygulamak ve geri gönderilen veriler ile örnekleri analiz etmektir.

Tipik Aktiviteler ve Ürünler
• Sistemi ve destekleyici süreçleri devre dışı bırakmak
• Öğrenilen dersleri belgelemek
• Misyon final raporunun temelini atmak
• Verileri arşivlemek
• Öğrenilen dersleri kaydetmek
• NPR 7120.5'ten gerekli Aşama F teknik faaliyetlerini yerine getirmek
• NPR 7123.1'den Aşama F inceleme giriş/başarı kriterlerini sağlamak

İncelemeler
• DRR

3.10 Finansman: Bütçe Döngüsü
NASA Bütçe Döngüsü hakkında daha fazla bilgi için, NASA Genişletilmiş Sistem Mühendisliği Rehberi belgesine başvurabilirsiniz. Ayrıca, NASA/SP-2014-3705, NASA Uzay Uçuş Programı ve Proje Yönetimi El Kitabı'nın 5.8. Bölümüne de bakabilirsiniz.

3.11 NPR 7123.1 Gereksinimlerinin Uyarlanması ve Özelleştirilmesi

Bu bölümde, "gereksinimler" terimi, Ajans yönergelerinden kaynaklanan "yapılmalıdır" ifadelerini ifade etmektedir. Bu tartışma, NPR 7123.1'de yer alan gereksinimlerin uyarlanmasına odaklanmaktadır.

3.11.1 Giriş

NASA politikası, her programın veya projenin benzersiz yönlerini göz önünde bulundurarak, görev başarısını verimli ve ekonomik bir şekilde sağlamak için uyarlamanın gerekliliğini kabul etmektedir. Uyarlama, bu amacı gerçekleştirmek için kullanılan bir süreçtir. NPR 7123.1, uyarlamayı şu şekilde tanımlar: "Program veya proje hedeflerine, kabul edilebilir risklere ve kısıtlamalara uygun olarak SE NPR gereksinimlerinden feragat edilmesi süreci." Uyarlama, SE gereksinimlerinde sapmalara veya muafiyetlere yol açar ve bunlar SEMP'nin bir sonraki revizyonunda belgelenir (örneğin, Uygunluk Matrisi aracılığıyla).

NPR 7123.1, büyüklük ve karmaşıklıktan bağımsız olarak programlar ve projeler için uygun olacak şekilde yazıldığından, gereksinimler geniş bir yoruma olanak tanır. Bu nedenle, "özelleştirme" terimi de tanıtılmış ve şu şekilde tanımlanmıştır: "SE gereksinimlerini yerine getirmek için kullanılan önerilen SE uygulamalarının değiştirilmesi." Özelleştirme, sapma veya muafiyet gerektirmez, ancak önemli özelleştirmeler SEMP'de belgelenmelidir.

Uyarlama ve özelleştirme, bir program veya proje için uygun SE NPR gereksinimlerini oluştururken kabul edilen ve beklenen sistem mühendisliği araçlarıdır. Her boyuttaki projelerde uyarlama beklenirken, küçük projeler, geleneksel büyük projelerden farklı fırsatlar ve zorluklar sunar. Küçük projeler genellikle daha dar ve odaklanmış teknik yönlere sahip olsa da, gelişmiş teknolojiler sergileme veya benzersiz yetenekler sağlama hedeflerinde zorluklarla karşılaşabilirler. Aynı zamanda, bu projelerin karşılaştırmalı olarak küçük bütçeleri ve sınırlı takvimleri, proje yönetimi ve sistem mühendisliğinde yalın ve yenilikçi uygulama yaklaşımlarını gerektirir. Uyarlama ve özelleştirme, projelerin ve programların, maliyet ve zaman kısıtlamaları içinde teknik hedefleri başarmasında başarılı olmasına yardımcı olur. Anahtar nokta, öğrenilen dersler ve en iyi uygulamaları yansıtan etkili uyarlamadır.

SE gereksinimlerinin uyarlanması ve SE en iyi uygulamalarının, projeye özgü ihtiyaçlara göre özelleştirilmesi, istenilen faydaları elde etmek için gereklidirken, gereksiz bürokrasiyi ortadan kaldırmaya da yardımcı olur. Bunu başarmak için, kabul edilebilir risk duruşu proje, müşteri/paydaş, merkez yönetimi ve bağımsız denetçiler tarafından anlaşılmalı ve onaylanmalıdır. Ancak bu temele rağmen, SE gereksinimlerini uygun şekilde uyarlama ve NPR 7123.1 uygulamalarını belirli bir projeye özelleştirme süreci karmaşık ve zorlayıcı olabilir. Etkili yaklaşımlar ve deneyimli rehberler, herhangi bir proje için uyarlama sürecini daha sistematik ve verimli hale getirebilir.

NASA Yazılım Mühendisliği El Kitabı'nın 6. Bölümü, yazılım projeleri için SE gereksinimlerinin uyarlanmasına dair rehberlik sunmaktadır.

3.11.2 Uyarlama İçin Kriterler

NPR 8705.4, NASA Yükleri İçin Risk Sınıflandırması, projelere ve programlara bir risk sınıflandırması atamak için kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu, NASA yükleri için risk sınıflandırması seviyesini tanımlamak için kullanılan temel kriterleri belirler. Ayrıca, uyarlama için kriterleri anlamak ve tanımlamak için bir başlangıç noktasıdır.

Uyarlamanın kabul edilebilir derecesi, programın/projenin aşağıdaki gibi birkaç özelliğine bağlıdır:

1. **Görev tipi**: Örneğin, insanlı uzay uçuşu görevlerinin gereksinimleri, küçük robotik görevlerin gereksinimlerinden çok daha katıdır.
2. **Ajans Stratejik Planını Karşılama Kritikliği**: Başarıyla tamamlanması kesinlikle gereken kritik görevlerde, NPR gereksinimlerinden feragat edilemez.
3. **Kabul Edilebilir Risk Seviyesi**: Ajans ve müşteri daha yüksek bir başarısızlık riski kabul etmeye istekliyse, bazı NPR gereksinimleri muaf tutulabilir.
4. **Ulusal Önemi**: Ulusal önemi büyük bir proje, NPR gereksinimlerinden feragat edilemeyecek bir proje olabilir.
5. **Karmaşıklık**: Yüksek karmaşıklığa sahip görevler, sistemlerin uyumlu kalması için daha fazla NPR gereksinimi gerektirebilirken, daha basit görevler aynı derecede katı gereksinimlere sahip olmayabilir.
6. **Görev Süresi**: Uzun süreli görevler, kısa süreli projelere kıyasla NPR gereksinimlerine daha sıkı bir şekilde uymalıdır.
7. **Görev Maliyeti**: Yüksek maliyetli görevler, uygun program/proje kontrolü sağlamak için NPR gereksinimlerine daha sıkı bir şekilde uyulmasını gerektirebilir.
8. **Fırlatma Kısıtlamaları**: Birkaç fırlatma kısıtlaması varsa, bir proje Ajans gereksinimlerine daha tam uyum sağlamak zorunda olabilir.

3.11.3 SE NPR Gereksinimlerinin Uyarlanması (Uygunluk Matrisi Kullanımı)

NPR 7123.1, programların ve projelerin belirtilen NPR gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını doğrulamak için bir Uygunluk Matrisi içerir (Ek H.2). Uygunluk Matrisi, programın/projenin NPR gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını veya uyarlama gerekçelerini belgeler. Uygunluk Matrisi, NPR gereksinimlerini yerine getirmenin ana hatlarını çizmek ve bu özelleştirmeleri paydaşlara iletmek için kullanılabilir. Uyarlama süreci (program veya proje yaşam döngüsünde herhangi bir zamanda gerçekleşebilir) başvurunun zamanlamasına bağlı olarak NPR gereksinimlerinde sapmalara veya muafiyetlere yol açar. Gereksinimlerdeki sapmalar ve muafiyetler, Tasarım Gözetim Yetkilisi'ne veya Uygunluk Matrisi aracılığıyla ayrı ayrı sunulabilir.

Uygunluk Matrisi, onay için sunulurken Sistem Mühendisliği Yönetim Planı (SEMP) ile birlikte eklenir. Alternatif olarak, bağımsız bir SEMP yoksa ve SEMP'nin içeriği başka bir belgede, örneğin proje planında yer alıyorsa, Uygunluk Matrisi o planda yer alabilir.

3.11.4 SE Gereksinimlerini Uyarlamanın Yolları

Uyarlama genellikle üç ana alanda yapılır:

1. **Bir gereksinimi, belirli program/projeye uymuyorsa ortadan kaldırmak.**
   Örneğin, bir yazılım geliştirme gereksinimi, yazılım içermeyen bir proje için geçerli olmayabilir.

2. **Bir gereksinimi, aşırı yük getirdiği için ortadan kaldırmak.** Bu durumda, gereksinimin uygulanmasının projeye daha fazla risk getireceği ve kaynakları saptıracağı düşünülür, bu nedenle gereksinim uygulanmaz.

3. **Bir gereksinimi, uygulamanın maliyeti ve proje riski arasında daha iyi bir denge kuracak şekilde ölçeklendirmek.** Örneğin, gereksinimlerin uygulanması için gereken kaynakların maliyeti, proje riskini azaltmaktan daha fazla olabilir. Bu durumda, gereksinim daha uygun bir şekilde uyarlanır.

SE Uygulama Yöntemlerini Özelleştirme

SE uygulama yöntemlerini özelleştirmek, aşağıdaki gibi çeşitli şekillerde olabilir:

1. **Her bir SE sürecinin uygulanma şeklini ayarlamak.**
2. **Gözden geçirme süreçlerinin resmiyetini ve zamanlamasını ayarlamak.**

3.11.4.1 Geçersiz NPR Gereksinimleri

Her gereksinim, belirli bir proje veya program için geçerliliği açısından değerlendirilir. Örneğin, eğer proje tamamen içerde geliştirilecekse, NPR 7123.1'deki sözleşmelerle ilgili gereksinimler geçerli olmayabilir. Eğer bir sistemde yazılım yoksa, yazılım geliştirme ve bakımına dair gereksinimler de geçerli olmaz.

3.11.4.2 Kapsamı Ayarlamak

Proje veya programın gereksinimlerine bağlı olarak, bazı gereksinimlerin kapsamı esnetilebilir. Örneğin, bir proje yönetim yönergesinde (örneğin, NPR 7120.5) bazı belgelerin bağımsız olmasının gerektiği belirtilse de, SE NPR bağımsız belgeler gerektirmez. Küçük projelerde, planlar birkaç paragraf veya sayfada açıklanabilir. Bu tür projelerde, belgelerin bağımsız olmasına dair gereksinim fazla yük getirir. Bu durumda, bu bilgiler proje planı veya SEMP içinde yer alabilir.

3.11.4.3 İnceleme Resmiyeti ve Zamanlaması

Yöneten proje yönetim yönergesi, belirli bir proje için yaşam döngüsünü tanımlar ve bu yaşam döngüsü incelemelerin sayısını ve zamanlamasını belirler. Ancak inceleme sürecinin resmiyeti ve nasıl yapılacağı konusunda büyük bir esneklik vardır. NPR 7123.1, gözden geçirme başlama ve başarı kriterlerine dair geniş bir rehber sunar. Bu kriterler, program/projeye göre özelleştirilebilir. Eğer bir proje, belirli bir gözden geçirmeye gerek olmadığını düşünüyorsa, bir muafiyet veya sapma gereklidir. Ancak SE NPR, bu tür bir özelleştirme için bir muafiyet gerektirmez.

3.11.5 Uyarlama ve Özelleştirme Örnekleri

Tablo 3.11-1: Bir sistemin projeleri çeşitli türlere ayırarak karmaşık projeden daha basit projelere kadar nasıl sıralanabileceğini gösterir. Uyarlama yapılırken, belirli projelerin türlere göre tanımlanması sadece rehberlik amacı taşır, katı bir karakterizasyon değildir. Birçok proje, birden fazla türün özelliklerine sahip olabilir, bu nedenle uyarlama yaklaşımı, projedeki basit yönler ve daha yüksek riskli bölümler için daha fazla uyarlamayı mümkün kılabilir.

Tablo 3.11-2: Bir program/projenin gerekli belgelerinin nasıl uyarlanabileceğini veya özelleştirilebileceğini gösterir. Genelde, daha basit ve karmaşık olmayan projeler daha az belgelendirme ve daha az resmi inceleme gerektirir.

3.11.6 Uyarlama Onayları

SE NPR gereksinimlerinden sapma ve muafiyetler, gereksinim sahiplerine ayrı ayrı veya uygun Compliance Matrix (Uyum Matriksi) kullanılarak sunulabilir. Bir merkez, NPR gereksinimlerini standart kullanıma uyarlamak istiyorsa, Center için Appendix H.1 doldurulup OCE'ye onay için sunulmalıdır. Eğer bir program/proje, NPR gereksinimlerinden sapma veya muafiyet talep ediyorsa, Compliance Matrix (Appendix H.2) kullanılır ve merkezi yönetici veya designe onay verir.

Bu metnin özeti, NASA projelerinde gereksinimlerin nasıl uyarlanabileceğini ve özelleştirilebileceğini açıkça tanımlar. Her bir proje için gereksinimlerin ne kadar esnetileceği, projenin karmaşıklığı, riski ve bütçesi gibi faktörlere bağlıdır.